



EXPERIMENTOS EXPLORATÓRIOS E *EXPERIENTIA LITERATA*: (RE) PENSANDO A EXPERIMENTAÇÃO

Exploratory experiments and experientia literata: (re) thinking experimentation

Anabel Cardoso Raicik [anabelraicik@gmail.com]

Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário Trindade, Florianópolis, SC, Brasil

Luiz O. Q. Peduzzi [luizpeduzzi@gmail.com]

Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário Trindade, Florianópolis, SC, Brasil

José André Peres Angotti [zeangotti@gmail.com]

Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário Trindade, Florianópolis, SC, Brasil

Resumo

Francis Bacon é, por vezes, apontado como o primeiro filósofo experimental e, normalmente, sua filosofia é atrelada à ideia comum empírico-indutivista. A fim de mostrar uma nova imagem baconiana, este artigo analisa partes de sua principal obra, o *Novum Organum*, e apresenta seu conceito de *experientia literata*, pouco conhecido. Além disso, explicita contrapontos entre algumas considerações apresentadas por Bacon e certas concepções do “novo experimentalismo”, sobretudo à luz do conceito de experimentação exploratória delineado por Steinle. Por fim, aborda-se algumas implicações dessas reflexões para o ensino de ciências.

Palavras-chave: Bacon; *Experientia literata*; Experimentação exploratória; Ensino de ciências.

Abstract

Francis Bacon is sometimes referred to as the first experimental philosopher, and his philosophy is usually tied to the common empirical-inductive idea. In order to show a new Baconian image, this article analyzes parts of his main work, the *Novum Organum*, and presents his concept of *experientia literata*, little known. In addition, it explicit counterpoints between some considerations presented by Bacon, particularly about the *literata experientia*, and certain conceptions of the "new experimentalism", especially in light of the concept of exploratory experimentation outlined by Steinle. Finally, it approaches some implications of these reflections for science teaching.

Keywords: Bacon; *Experientia literata*; Exploratory experimentation; Science teaching.

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da ciência, o homem procura compreender o mundo e seus fenômenos. “*A busca do saber pelo saber vem com os primeiros filósofos gregos, impregnada de uma curiosidade ímpar sobre a natureza da matéria e a estrutura do cosmos*” (Peduzzi, 2015). Nesse contexto, e por muito tempo, a experimentação não fez parte da construção de conhecimentos, pelo menos não com as funções e a compreensão que passará a ser atribuída a ela na ciência moderna.

Os aristotélicos, por exemplo – e seus ensinamentos que predominaram até a Idade Média e o Renascimento e, inclusive, fundamentaram as primeiras universidades a partir do século XII – buscavam o conhecimento pela dedução de princípios primeiros. A edificação e o desenvolvimento do conhecimento especulativo, contemplativo, de organização empírica e de hierarquização abstrata das coisas, não necessitava, de fato, de experimentos. Todavia, apesar de os filósofos naturais, desde os tempos mais remotos, não o terem introduzido como método de pesquisa, pode-se dizer que eles faziam uma espécie de “experimentação”, ao se valerem de meios não metódicos, diretamente ligados à observação de fenômenos (Blaga, 2014). Certamente, o homem sempre teve a oportunidade de fazer observações a respeito da natureza. Contudo, no campo de um empirismo especulativo, essa observação pode ser associada apenas a uma “experiência vivencial”; e isso não constitui indício de algum método mais sistemático para produzir conhecimentos.

O termo experimento, usado no sentido de designar um dos componentes de um método de pesquisa que implica em uma intervenção ativa na natureza, parece ter sido utilizado pela primeira vez por Roger Bacon (1214-1292), que também empregou a expressão *scientia experimentalis* – ciência experimental. Não obstante, foi com Francis Bacon (1561-1626) e a sua defesa ao método experimental indutivo que a experimentação passou a estar fortemente presente, e ser imprescindível, na ciência. No entanto, por muito tempo, a experimentação não foi objeto de reflexões epistemológicas significativas. As discussões, incontestavelmente, pautaram-se na indução, e não na função da experimentação em si. Nessa perspectiva, muitos filósofos analisaram e explicitaram os problemas do método indutivo, enquanto outros buscaram defendê-lo.

A concepção experimental na ciência passou a ser objeto de minuciosas considerações – em seus aspectos históricos, sociais, culturais, epistemológicos – sobretudo a partir da década de 1980, aproximadamente (Franklin, 1986; Hacking, 2012; Steinle, 2002). O “novo experimentalismo” surgiu estimulado, notadamente, pelos estudos de Ian Hacking que, em termos, buscou resgatar concepções baconianas, embora tenha sido, indiscutivelmente, incitado pelas críticas dirigidas a concepção filosófica do positivismo lógico feitas por Popper, Kuhn, Hanson, Toulmin, Lakatos, Feyerabend. O livro “Representar e Intervir” (Hacking, 2012), publicado originalmente em 1983, é um exemplo das renovadas discussões sobre os excessos da dimensão teórica da ciência em detrimento das experimentações. Hacking é considerado um dos filósofos da ciência mais expressivos na contemporaneidade e tem uma importância internacional no campo dos *Science Studies* (Caliman & Almeida, 2009). Como sintetiza Echeverría (1998), a sua filosofia responde ao ideal baconiano de uma ciência que, sobretudo, é capaz de intervir na natureza, produzindo novos fenômenos e transformando-a. De acordo com o próprio filósofo, “*a verdadeira mensagem de „Representing and Intervening” é que grande parte da ciência é experimentação, transformação do mundo e construção de instrumentos para modificar o mundo: intervir, e não apenas teorizar, ou representar*” (Hacking, 2009, p. 268).

Todavia, apesar de já existirem inúmeros estudos e concepções filosóficas contemporâneas acerca da experimentação na construção do conhecimento (Franklin, 2002; Gooding, 2000; Hacking, 2012; Steinle, 1997, 2002, 2006), o ensino de ciências ainda perpetua visões equivocadas e limitadas da mesma. Seja por meio de materiais didáticos (ou paradidáticos) e, por vezes, de professores, o ensino negligencia os distintos papéis do experimento no desenvolvimento científico, a dinâmica entre hipóteses e experimentação, e acaba por demarcar que “*as teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento*” (Chalmers, 1993, p. 17). Nesse panorama, a experimentação subsidia por si a pesquisa científica, que se focaliza na obtenção de dados; assume-se, pura e simplesmente, que a experiência independe das hipóteses e problematizações. A imagem empírico-indutivista continua sendo disseminada no ambiente educacional (El-Hani, 2006; Fernández *et al.*, 2002; Forato, Pietrocola & Martins, 2011; Gil Pérez, *et al.*, 2001; Neto & Silva, 2012;) e atrelada a ela está a ideia da existência de “o” método científico (Fernández *et al.*, 2002; Moreira & Ostermann, 1993). É imprescindível salientar, no entanto, que há esforços para que esse problema não continue presente em sala de aula. Os critérios para a avaliação das obras inscritas no PLND 2015 (Brasil, 2014), a nível médio, são exemplo disto. Um deles visava analisar se o livro evitava “apresentar atividades que reduzam o tratamento de aspectos da natureza da ciência exclusivamente a uma concepção empirista do desenvolvimento científico”, e outro, se a

visão de ciência presente na coleção, contribuía “para a superação de visões de ciência empiristas e/ou indutivistas”. O não cumprimento de qualquer um dos indicadores implicou a exclusão da coleção. Embora o livro não seja a única forma de conhecimento utilizada pelo professor e pelo aluno, a preocupação existente com a visão de ciência que eles transmitem evidencia um avanço para a desmistificação de noções puramente empiricistas nesse meio.

Por certo, a discussão da experimentação na ciência, vinculada à reflexão de novas posturas filosóficas, subsidia uma melhor compreensão dos inúmeros papéis que o experimento exerce no desenvolvimento científico. Além de Hacking, a conceitualização de experimentos exploratórios de Friedrich Steinle contribui nesse sentido, uma vez que apresenta uma classe de experimentação presente em distintos momentos na história da ciência que é, extremamente, relevante para o desenvolvimento científico. Valorizando e reconhecendo características fundamentais da pluralidade funcional do experimento na ciência, e seu jogo constante com hipóteses, os experimentos exploratórios apresentam sobreposições com o conceito de *experientia literata* de Bacon.

Nessa perspectiva, este artigo retoma sucintamente a perspectiva experimental baconiana, pois ela é um marco no que se refere ao papel do experimento na ciência – e parte dela está fortemente atrelada à ideia comum empírico-indutivista. Posteriormente, apresenta contrapontos entre algumas considerações apresentadas por Bacon, principalmente acerca da *experientia literata*, e certas concepções do “novo experimentalismo”, sobretudo à luz do conceito de “experimentação exploratória” delineado por Steinle (1997). Conclui-se, abordando-se algumas implicações dessas reflexões para o ensino de ciências. Este último ponto resulta essencial, pois instiga a discussão de concepções relativas à natureza da ciência, principalmente aquelas vinculadas ao papel da experimentação, em um ambiente propício para o desenvolvimento crítico do aluno. As considerações epistemológicas da experimentação apresentadas por Hacking e Steinle, por certo, permitem construir reflexões ao ensino capazes de problematizar o olhar indutivista ainda presente na educação científica

Cabe ressaltar que, dada a extensão da obra baconiana, este artigo limita-se à análise de parte de suas contribuições com o *Novum Organum*, sua principal obra e, especificamente, o seu conceito de *experientia literata*.

PRELÚDIO AO MÉTODO EXPERIMENTAL INDUTIVO: BREVES CONSIDERAÇÕES SOBRE O NOVUM ORGANUM

O século XVII pode ser considerado um marco na ciência, pois nesse período a experimentação passou a ocupar uma posição de destaque na estruturação do conhecimento. Um dos responsáveis por essa mudança foi Francis Bacon, apontado como o primeiro filósofo experimental e, por muitos, como o inventor do método experimental indutivo; conseqüentemente, o fundador da ciência moderna (Japiassu, 2013)¹.

Em sua principal e mais conhecida obra, o *Novum Organum*, publicada em 1620, Bacon evidencia uma das suas maiores contribuições à ciência, ao admitir que ela não pode prescindir da união da experiência com a razão, como procura deixar claro em sua famosa analogia da formiga, da aranha e da abelha:

“Os que se dedicaram às ciências foram ou empíricos ou dogmáticos. Os empíricos, à maneira das formigas, acumulam e usam as provisões; os racionalistas, à maneira das aranhas, de si mesmos extraem o que lhes serve para a teia. A abelha representa a posição intermediária: recolhe a matéria-prima das flores do jardim e do campo e com seus próprios recursos a transforma e digere. Não é diferente o labor da verdadeira filosofia, que se não serve unicamente das forças da mente, nem tampouco se limita ao material fornecido pela história natural ou pelas artes

¹ A atribuição à Bacon de “precursor” do método experimental – originalmente sinônimo de o método científico (Hacking, 2012) – é controversa. Japiassu (2013) adverte que foi somente muito tempo depois de ter sido inventado e praticado por inúmeros cientistas que o método experimental foi, finalmente, codificado por Claude-Bernard, em uma obra de 1865, em suas três etapas fundamentais: a) a observação de um fato-problema; b) a formulação de uma hipótese; c) sua verificação experimental. Videira (2006), por sua vez, admite que Bacon, juntamente com Galileu, Harvey e outros estudiosos, criaram o método científico. Todavia, Kuhn, com base nos estudos de Randall e Combric, ressalta que havia uma tradição metodológica que, do século XIII ao início do XVII, estabeleceu regras para extrair conclusões adequadas com base na observação e na experimentação. “As Regulae, de Descartes, e o *Novum organum*, devem muito a essa tradição. Uma filosofia empírica da ciência não era novidade na época da revolução científica” (Kuhn, 2011, p. 65-66). Com efeito, Bacon enunciou as regras da indução e por isso foi considerado, ao menos para os fundadores da Royal Society, o “pai da filosofia experimental”. Cabe ressaltar, no entanto, que o tema é complexo. Laudan (2000), por exemplo, discorre longamente sobre a história do método científico em seu artigo “Teorias do Método Científico de Platão a Mach”.

mecânicas, conservado inato na memória. Mas ele deve ser modificado e elaborado pelo intelecto. Por isso muito se deve esperar da aliança estreita e sólida (ainda não levada a cabo) entre essas duas faculdades, a experimental e a racional” (Bacon, 1979, I, XCV, p. 63).

Nesse contexto, Bacon desqualificou os racionalistas e universitários tradicionais, sustentando que, em uma nova postura filosófica, os sábios deveriam ir além do empirismo estéril dos ferreiros, mágicos e alquimistas (Japiassu, 2013). *“No âmbito epistemológico, as relações teoria/prática, ciencia/potentia, contemplação/atividade, estão desde o início instituídas num pensamento que tem por objetivo unir os conhecimentos racional e empírico, criando uma ciência ativa” (Zaterka, 2004, p. 110).*

Bacon valorizou a experimentação salvaguardando-a dos ídolos que distorcem a imagem do mundo. Ele explicitou quatro gêneros de ídolos que bloqueiam a mente humana: a) Ídolos da Tribo (*Idola Tribus*); b) Ídolos da Caverna (*Idola Specus*); c) Ídolos do Foro (*Idola Fori*); d) Ídolos do Teatro (*Idola Theatri*). Apenas livres dessas fontes de erro, com a mente purificada das opiniões, o homem seria capaz de alcançar o genuíno conhecimento; para isso, fazia-se necessário a formação de noções e axiomas pela verdadeira indução. Essa indução seria aquela que pratica a seleção orientada e contínua dos casos, como única via que permite a formulação de enunciados gerais, e não aquela sustentada pelo aristotelismo de simples enumeração (Carrilho, 1994). Esta última era menosprezada por Bacon, que a considerava fútil e pueril.

Conferindo o ulterior progresso das ciências à experimentação, Bacon explicitou, no *Novum Organum*, a distinção entre os experimentos lucíferos e os frutíferos. Aqueles do primeiro tipo, embora não encerrem em si qualquer utilidade, são necessários para a descoberta das causas e dos princípios. Representam o ponto de partida; permitem iniciar um processo de indução para elevar-se gradualmente na ordem das causas. Os experimentos frutíferos, por outro lado, conduzem a resultados palpáveis ou práticos.

‘(...) em qualquer espécie de experiência, deve-se primeiro descobrir as causas e os axiomas verdadeiros, buscando os axiomas lucíferos e não os axiomas frutíferos. Pois os experimentos, quando corretamente descobertos e constituídos, informam não a uma determinada e estrita [restrita] prática, mas a uma série contínua, e desencadeiam na sua esteira bandos e turbas de obras” (Bacon, 1979, I, LXX, p. 39-40).

Como um filósofo experimental, Bacon teve o “mérito”, então, de implantar a necessidade de uma sequência de procedimentos seguros que indicaria e permitiria “descobrir”² o conhecimento real dos efeitos naturais. Ele afirmou que se deveria fazer pesquisa à luz da experiência racional, metodicamente organizada. Criticou as “experiências cotidianas” ou aquelas realizadas de forma casual, com precipitação; por espírito de lucro e vaidade (Japiassu, 2013). Manifestou a sua insatisfação com as experiências vagas, argumentando que o modo comumente utilizado para realizar experimentos é “cego e estúpido”, pois a princípio não se tem uma sequência a ser seguida e se vaga sem rumo. Os “experimentadores”, dessa forma, guiam-se simplesmente pelas circunstâncias que fornecem muitos fatos que, por sua vez, não apresentam proveito. Assim, pode-se pressupor que praticar um “experimento cotidiano”, entendendo-o como fonte de conhecimento de maneira incidental, oferecido nas circunstâncias corriqueiras da vida, é completamente distinto de uma utilização lúcida e consequente do experimento como um elemento essencial de um método (Blaga, 2014). *“O método é, para Bacon, um meio de ordenação e de classificação da realidade natural. Não é por acaso que ele é apresentado como um ‘fio’ capaz de guiar o homem dentro da ‘caótica selva’ e do ‘complicado labirinto’ da natureza” (Rossi, 1992, p. 203).*

A experiência pura e simples, afirmava Bacon, que ocorre ao acaso, é um mero tasteio que, como tocha apagada na escuridão, nada mais faz do que obscurecer àqueles que não seguem o verdadeiro caminho experimental. *“A verdadeira ordem da experiência, ao contrário, começa por primeiro, acender o archote e, depois, com o archote mostrar o caminho, começando por uma experiência ordenada e medida – nunca vaga e errática –, dela deduzindo os axiomas e, dos axiomas, enfim, estabelecendo novos experimentos” (Bacon, 1979, I, LXXXII, p. 50).*

Reside aqui a supremacia do método experimental: *“com ele podemos alterar o curso comum da natureza e atingir sua verdadeira estrutura” (Zaterka, 2004, p. 137).* Todavia, como salientou Bacon, a história natural e experimental *“é tão variada [sic] e ampla que confunde e dispersa o intelecto” (Bacon, 1979, II, X, p. 102).* Dessa forma, dever-se-ia preparar três tábuas (ou tabelas) de investigação, *“dispostas de tal modo que*

² Raicik e Peduzzi (2016a) apresentam uma análise da complexidade de uma descoberta científica à luz das considerações de Norwood Hanson, Thomas Kuhn e Naum Kipnis.

o intelecto com elas possa operar” (Bacon, 1979, II, X, p. 102). Na tábua de essência e de presença, deveriam ser anotados todos os casos possíveis em que um fenômeno, objeto de estudo, aparece. “Se os exemplares forem dessemelhantes, será mais segura a identificação da natureza respectiva” (Bacon, 1979, II, X, rodapé 47, p. 103). Antagonicamente, a tábua de desvio ou de ausência de fenômenos próximos destinava-se a verificar os casos semelhantes em que o fenômeno não ocorre. Por fim, tornava-se necessário anotar a intensidade na ocorrência do fenômeno, “descobrimo-se” as correlações entre as modificações; a essa tábua dá-se o nome de tábua de graus ou de comparação. Os experimentos desenvolvidos, independentemente de serem classificados como lucíferos ou frutíferos, deveriam ser registrados nessas tábuas.

O conjunto dessas tábuas, e dos procedimentos complementares, compõe o que Bacon chamou de *Primeira Vindima*. Depois disso seria “necessário passar aos outros auxílios do intelecto na interpretação da natureza, bem como à indução verdadeira e perfeita” (Bacon, 1979, II, XXI, p. 133). Esses recursos seriam: as instâncias prerrogativas, os adminículos (auxílios) da indução, a retificação da indução, a variação da investigação segundo a natureza do assunto, as prerrogativas da natureza, os limites da investigação, a dedução e a prática, os preparativos para a investigação e, por último, a escala ascendente e descendente dos axiomas. As instâncias prerrogativas, “uma curiosa classificação” baconiana (Hacking, 2012), referem-se a tipos de experiências produtivas ou instrumentos específicos e úteis para a geração da história natural e experimental (Georgescu, 2011). Como parte final do livro II do *Novum Organum*, Bacon apresentou vinte e sete dessas instâncias, entre elas, as *instantias crucis*; que será traduzida, décadas depois, como “experimentos cruciais”.

Resumidamente, o método descrito no *Novum Organum* admitia ser preciso recolher os axiomas dos sentidos e das coisas particulares; a partir disso, ascender contínua e gradualmente até alcançar, por último, os princípios de máxima generalidade. Este seria “o verdadeiro caminho” para a investigação e a descoberta do conhecimento (Bacon, 1979).

EXPERIENTIA LITERATA: A LABAREDA QUE BACON ACENDEU

Embora o *Novum Organum* seja o livro mais importante de Bacon, nele o filósofo não discorreu sobre uma importante classe de experiência, que denominou *experientia literata* (“experiência instruída”)³. Em *Of the Dignity and Advancement of Learning*, publicado em 1623⁴, ele destacou que a invenção das ciências ou das artes procede de duas formas: tanto da indicação de um experimento para outro, quanto dos experimentos para axiomas; axiomas esses que sugerem novos experimentos. A primeira conduta ele chamou de *experientia literata*, a outra de Interpretação da Natureza ou *Novum Organum*.

Conforme a analogia de Bacon:

“Um homem pode prosseguir em seu caminho de três maneiras: ele pode tatear seu caminho, por si mesmo, no escuro; ele pode ser conduzido pela mão de outro, sem que ele próprio veja alguma coisa; ou por último, ele pode obter uma luz, e assim dirigir os seus passos; de igual modo, quando um homem tenta todos os tipos de experimentos sem ordem nem método, este estará tateando no escuro; mas quando ele usa alguma direção e ordem na experimentação, é como se ele estivesse guiado pela mão; e isto é o que eu quero dizer por experiência instruída. Para a luz própria, que é a terceira via, deve-se procurar a partir de a Interpretação da Natureza, ou o *Novum Organum*” (Bacon, 1882, p. 72).

A experiência instruída teria duas funções principais na investigação da natureza: i) gerar experimentos lucíferos (luminosos); ii) preparar a mente para o trabalho de interpretação. “Dado o espetáculo avassalador da fecundidade da natureza, a mente não pode lidar com a vasta gama de elementos que compõem a história natural, a menos que, como diz Bacon, ‘eles sejam estabelecidos e apresentados em ordem adequada’” (Weeks, 2008, p. 163). Este tipo de experiência serviria, assim, para guiar o investigador

³ No *Novum Organum* Bacon faz breves menções acerca da *experientia literata* sem, no entanto, discuti-la. No aforismo CIII, do livro I, ele diz: “não negamos que depois que os experimentos de todas as artes forem recolhidos e organizados e, depois, levados à consideração e ao juízo de um só homem, seja possível, pela simples transferência dos conhecimentos de uma arte para outra, com o auxílio da experiência a que chamamos de *literata*, chegar a muitas novas descobertas úteis à vida humana e às suas condições. Todavia, tais resultados, a bem dizer, são de menor importância. Na verdade, muito maiores serão os provenientes da nova luz dos axiomas, deduzidos dos fatos particulares, com ordem e por via adequada, e que servem, por sua vez, para indicar e designar novos fatos particulares” (Bacon, 1979, I, CIII, p. 67-68).

⁴ A obra *Of The Dignity and Advancement of Learning* é uma versão latina e expandida de *Advancement of Learning*, publicado em 1605.

a observações da natureza por meio de algumas técnicas, a saber: variação, produção, translação, inversão, compulsão, aplicação, conjunção e acasos, de experimentos (Bacon, 1882). Cabe ressaltar que, na literatura, ainda não há consenso sobre como denominar essas “técnicas” de Bacon; pode-se pensá-las como regras, estratégias práticas para fazer uma boa pesquisa, elementos de heurística, modelos de experimentação exploratória (Jalobeanu, 2016).

A variação refere-se ao procedimento no qual parâmetros específicos da configuração experimental são modificados. A primeira variação ocorreria na matéria, como a tentativa de produzir papel a partir de algodão, ou de pelo de animais. A segunda estaria relacionada a eficiência da mudança. Os raios da Lua, em semelhança aos do Sol, não poderiam fornecer algum grau de calor, através de lentes convergentes? A terceira variação faria referência à quantidade. Esse elemento carrega, em si, muitos erros, ou conclusões precipitadas que se mostram desacertadas. Como apontou Bacon, muitos acreditavam que, quando uma determinada quantidade de matéria fosse aumentada o seu poder e/ou virtude seriam proporcionalmente aumentados. No entanto, isso nem sempre é válido, e ele alertou para os cuidados com as precipitações. “*Os homens devem, portanto, considerar a história em que a mulher, na fábula de Esopo, esperava, com uma dose dupla de cevada, que sua galinha colocasse dois ovos por dia; tendo em vista que a galinha engordou, não colocou nenhum*” (Bacon, 1882, p. 74).

A produção de experimentos envolve a repetição e a extensão. O “espírito do vinho” é produzido a partir da destilação simples do vinho, que o torna mais pungente e mais forte; se o processo de destilação for repetido, ele se tornará mais robusto? Como salientou Bacon, a ideia de repetição também não está isenta de falácias. O efeito da destilação do destilado não é tão perceptível quanto do vinho bruto. Quanto a extensão do experimento, por exemplo, poder-se-ia averiguar se um ímã mergulhado em uma dissolução de ferro o atrairia, assim como faz com um pedaço sólido do mesmo.

A técnica de translação de experimentos abrange três tipos de transferência: da natureza ou do acaso para uma arte, de uma arte para outra, ou de parte de uma arte para outra parte da mesma. Bacon afirma que quase toda a arte mecânica surgiu a partir de pequenos acontecimentos apresentados pela natureza ou pelo acaso. “*A imitação artificial do arco-íris, com gotas densamente borrifadas, é transladada por uma fácil passagem do arco-íris formado naturalmente por uma nuvem gotejando*” (Bacon, 1882, p. 76-77). Assim como os olhos, que foram desenvolvidos para ajudar aqueles que têm baixa visão, um novo instrumento por semelhança poderia ser produzido para aqueles que possuem problemas auditivos. Isto nada mais é que a transferência de uma arte a outra. Se, tomando outro exemplo, “*a pintura reaviva a memória de uma coisa pela imagem do mesmo; não seria isto a transferência de uma arte para os que eles chamam de a arte da memória?*” (Bacon, 1882, p. 78). A translação de parte de uma arte para outra parte da mesma, foi exemplificada, por Bacon, com a medicina, que poderia avançar se as experiências a respeito da cura de doenças fossem transferidas para as partes que se preocupam com a saúde e o prolongamento da vida. Em termos gerais, “*este tipo de experimentação implica na imitação artificial de fenômenos naturais (...). Isto compreende tentativas de transmutar firmemente uma informação de um domínio para outro*” (Georgescu, 2011, p. 110).

O processo de inversão faz referência a análise de um experimento por meio de sua contraversão. “*Os raios do sol são refletidos a partir do branco, mas recolhidos no preto; são as sombras, da mesma forma, perdidas no preto e recolhidas no branco?*” (Bacon, 1882, p. 79). Ou ainda, o calor tem uma tendência de se propagar para cima, tem o frio uma propensão a se alastrar para baixo?

A compulsão de experimentos é a técnica menos comentada por Bacon. Ela ocorre quando um experimento é incitado e estendido até a aniquilação ou privação do seu poder. “*Ao estabelecer os limites, os fatores relevantes identificados para a ocorrência de efeitos são testados*” (Georgescu, 2011, p. 110). Trata-se, por exemplo, de analisar a capacidade de um ímã de atrair o ferro, mudando a distância entre eles e as condições experimentais.

A translação engenhosa de um experimento a outro corresponde a técnica de aplicação. Se os corpos têm suas próprias dimensões e densidades, um experimento pode ser desenvolvido aplicando esse princípio para verificar, por exemplo, o quanto de prata foi misturado ao ouro – como a eureka de Arquimedes.

Uma união ou uma cadeia de ligações experimentais envolve a conjunção de experimentos. Essa técnica ocorre quando as coisas que seriam ineficazes individualmente são eficazes quando agrupadas. Um exemplo que, de acordo com Bacon, é claro por si mesmo, abrange a eficácia de refrigeração do gelo e do nitro. Juntos, são visivelmente mais eficientes. No entanto, como ele adverte, essa técnica também está passível de enganos quando as coisas em junção operarem distintamente daquilo que, a princípio, seria mais sensato; como sempre pode ocorrer na inexistência de axiomas.

O acaso é a última técnica mencionada por Bacon. *“Esta forma de experimentação é meramente irracional e por assim dizer tola”* (Bacon, 1882, p. 82). Ocorre quando o experimento é desenvolvido, não porque a razão ou algum outro experimento conduz a isso, mas simplesmente porque ele nunca foi tentado antes. Jalobeanu (2016) salienta que não se pode deixar iludir-se por nomenclaturas.

“A ênfase de Bacon não é na sorte e aleatoriedade, mas sobre o que é necessário para se chegar a algo novo em uma investigação experimental. Para Bacon, a mera experimentação é receptiva e cega. Não pode chegar a qualquer novidade. Além disso, acertos têm a característica de ser singular, nu e irreproduzível. A partir desta perspectiva, o “acaso” [sortes] só pode acontecer no final de um processo disciplinado de investigação. Para o pesquisador treinado, o “acaso” aparece como coroamento de um longo, disciplinado e meticuloso processo de descoberta” (Jalobeanu, 2016, p. 339).

Para Bacon, uma das maiores capacidades da experiência instruída seria a de tornar possível a elaboração de analogias ou correlações da natureza que transcendem o isolamento de várias artes (Weeks, 2008). As oito técnicas por ele descritas contribuem para um esquema classificatório, onde o contexto experimental é variado, de modo que estende o domínio de investigação e possibilita a geração de novas “descobertas”. Elas são os meios de traduzir as experiências de uma arte para outra; *“são de fato direções simples, mas que, no entanto, visam superar o empiricismo daqueles que inventam e experimentam no escuro”* (Oliveira, 2010, p. 175).

A interpretação da natureza, cuja função é a descoberta das causas, exige experimentos luminosos. Por consequência, a experiência instruída, que antecede esse processo de interpretação, pode fazer com que aqueles que realizam experimentações levemente, “sem forma correta e método” se voltem para a produção desse tipo de experimento. *“Se a experiência está organizada, sistematizada e filtra-se de acordo com um método, aquelas experiências [vagas] deixam de ser ‘meras experiências acidentais’ e tornam-se ‘experiências’”* (Georgescu, 2011, p. 108).

Não obstante, embora esteja diretamente ligada aos métodos de experimentação, a experiência instruída seria mais uma sagacidade, uma “caça pelo faro”. Nesse sentido, ela não pode ser entendida como uma metodologia indutiva (Weeks, 2008), uma vez que não gera um axioma. Como o próprio Bacon (Bacon, 2006) ressaltou, ela é “uma etapa e rudimento” do procedimento descrito no *Novum Organum*.

Por fim, a *experientia literata* “é o método escolhido para explorar o mundo natural e para construir as correlações empíricas de coisas” (Georgescu, 2011, p. 109) e como Bacon aconselha: *“ninguém deve ser desencorajado ou confundido se as experiências [instruídas] que ele tenta não responderem a sua expectativa. Pois, embora uma experiência bem-sucedida seja mais agradável, uma malsucedida, muitas vezes, não é menos instrutiva”* (Bacon, 1882, p. 83).

NOVUM ORGANUM E EXPERIENTIA LITERATA: O MÉTODO LEMBRADO E A CHAMA DESMEMORIADA

Bacon influenciou consideravelmente a doutrina oficial da Royal Society, criada em 1660 (Butterfield, 1949; Hacking, 2012). Inclusive, esta instituição serviu de modelo para outras que se seguiram a ela, como as academias nacionais de Paris, São Petersburgo, Berlim.

Decerto, com Bacon e a recorrente citação/análise que se faz de sua principal obra, o *Novum Organum*, a *“caracterização do que é a ciência, de como funciona, de quais são seus principais procedimentos, transforma-se pela primeira vez na prescrição do que a ciência deve ser e do modo como ela deve proceder”* (Carrilho, 1994, p. 17). A ciência, nessa perspectiva, deveria seguir um conjunto de regras, a fim de se obter o conhecimento verdadeiro e o domínio dos fenômenos. A partir dessa concepção filosófica houve distintas críticas e defesas da indução⁵; ela foi modificada e aperfeiçoada por alguns, e desafiada

⁵ David Hume, por exemplo, criticou a indução do ponto de vista lógico. Ele iniciou uma análise da indução, em termos das bases em que se assenta e da justificação que dela se dá. O problema de Hume perdurou até o século XX, através de respostas e reformulações diversas (Carrilho, 1994). Todavia, ele reforçou o pensamento empirista, admitindo que só a experiência permite estabelecer leis naturais (Borges, 1996.). Popper também teceu críticas, com argumentos lógicos, psicológicos e históricos, ao método indutivo. Ele “ênfaticamente” afirmou que “as nossas teorias são nossas invenções, nossas idéias — não se impõem a nós, são instrumentos que fabricamos”. Quando um cientista cria uma teoria, não o faz sempre inspirado por observações; pode buscar inspiração em qualquer fonte, inclusive na metafísica” (Silveira, 1992, p. 37; Popper, 1982, p. 144). Laudan (2000) traz uma abordagem interessante acerca das críticas à indução.

radicalmente por outros (Chalmers, 1993). O século XVIII, por exemplo, parece ter sido uma época de consolidação e de unificação da concepção baconiana-newtoniana⁶.

Em termos gerais, o empirismo e a indução – amplamente presentes no método experimental preeminente no *Novum Organum* – prevaleceram e serviram de base para o positivismo no século XIX e para o positivismo lógico dos Círculos de Viena e de Berlim, no século XX⁷. Assim, a filosofia da ciência nesse período se caracterizou, essencialmente, por uma permanente discussão desses princípios, “*matizando-se em posições que vão da sua rejeição liminar até tentativas de reformulação que, de algum modo, prolongam a inspiração baconiana*” (Carrilho, 1994, p. 25).

Todavia, a *experientia literata* e, conseqüentemente, a análise dessa técnica para a investigação da natureza, foi (e está sendo) objeto de pesquisa entre estudiosos e historiadores da ciência somente a partir das últimas décadas. De acordo com Georgescu (2011), um dos primeiros estudos a lidar com essa interessante concepção baconiana foi o da historiadora Lisa Jardine, “*Experientia literata or Novum Organum? Bacon's two scientific methods*”, apenas em 1985. Apesar de existirem alguns estudos procedentes dessa data (Georgescu & Giurgea, 2012; Georgescu, 2011; Giglioni, 2013; Jalobeanu, 2011, 2013, 2016; Weeks, 2008) – no âmbito nacional, o livro “Francis Bacon e a fundamentação da ciência da ciência como tecnologia” (Oliveira, 2010) é um exemplo –, permanece em aberto a real contribuição da experiência instruída na filosofia natural de Bacon.

Há conflitos embrionários, na literatura, entre a concepção filosófica do *Novum Organum* e aquela que permeia a *experientia literata*. Não foi possível, ainda, compreender a relação – se é que ela realmente existe – entre esses dois posicionamentos baconianos. Não está claro se a experiência instruída é uma alternativa de Bacon ao projeto eliminatório da indução ou parte dele. Jardine apresenta as duas estratégias como “*conflitantes para lidar com o problema único do ceticismo relativo ao acesso ao conhecimento do fenômeno natural*” (Weeks, 2008, p. 167). Weeks evidencia que alguns estudiosos confundem a experiência instruída com uma metodologia indutiva. De acordo com a autora, há trabalhos que apontam, equivocadamente, que

“*No esquema de Bacon [...] a “sagacidade” seria substituída por uma experiência instruída, um método ordenado que começa com a compilação de experiências e observações, em seguida, procede-se à descoberta de instâncias prerrogativas, e termina com a formação de axiomas e leis da natureza*” (Weeks, 2008, p. 165-166).

Efetivamente, como o próprio Bacon explicita, “*a experiência instruída não se estende tão longe a ponto da invenção de um axioma. Qualquer transição de um experimento para um axioma, ou de um axioma para um experimento, pertence a outra parte, relativa ao Novo Organon*” (Bacon, 1882, p. 72). Isso já desqualifica qualquer colocação desacertada, que atribui a experiência instruída uma qualidade erroneamente indutiva.

Ao contrário das experiências vagas e não instruídas, a *experientia literata* oferece um procedimento metódico; contém as “boas” formas de experimentação. Ela é ao mesmo tempo pedagógica e heurística. “*Desta forma, pode-se dizer, com Bacon, que ‘a arte da descoberta cresce com a descoberta’*” (Jalobeanu, 2016, p. 340). Não obstante, como já foi dito, para Bacon a experiência instruída é apenas uma “etapa e rudimento” do método descrito no *Novum Organum*. Assim, entende-se, como Weeks, que “*ela funciona [apenas] como um modo de invenção, e como uma primeira digestão dos materiais da história-natural em preparação para a interpretação da natureza*” (Weeks, 2008, p. 163).

O certo é que há posturas distintas nas duas obras de Bacon. A experiência instruída permite explorar a natureza e construir analogias, sem que seja necessário submeter os seus resultados a questões de “verdade”, uma vez que ela simplesmente decompõe o fenômeno investigado e analisa os fatores envolvidos, seja na sua geração ou em sua modificação. Já a Interpretação da Natureza acumula as teorias que explicam determinadas correlações (Georgescu, 2011). Como lembra Russel (1969), o método indutivo de Bacon, presente no *Novum Organum*, “(...) contém falhas por não dar suficiente importância à hipótese. Ele esperava que a simples disposição ordenada dos dados tornaria óbvia a hipótese correta, mas isto raramente se dá. Regra geral, a elaboração da hipótese é a parte mais difícil da obra científica, e aquela em que é indispensável grande habilidade”.

⁶ Cabe ressaltar que no tempo de Newton havia uma controvérsia entre os ingleses, com o método empírico, e os franceses que, à luz da filosofia cartesiana, associavam-se ao método dedutivo. Todavia, em meados do século XVIII, os pertencentes à escola francesa “não apenas se submeteram ao ponto de vista inglês, como, na sua famosa *Encyclopédie*, fizeram uma rotação completa, colocando Bacon em um pedestal” (Butterfield, 1949).

⁷ Cupani (1985) apresenta considerações relevantes sobre o positivismo

Em suma, com a *experientia literata*, Bacon:

“(...) concebeu experiências em uma série ordenada, através de um processo muito semelhante ao que tem sido, às vezes, chamado de “experimentação exploratória, ou seja, através de uma variação ordenada de parâmetros experimentais. Às vezes, esse processo de experimentação exploratória visa simplesmente compreender mais sobre um novo processo ou efeito observado na natureza. Outras vezes cumpre funções epistêmicas mais complexas, tais como a de classificação ou, para usar a frase de Steinle, ‘a formação de classificações e estruturas conceituais’” (Jalobeanu, 2013, p. 83-84).

Além disso, nas etapas da experiência instruída parece ser imprescindível a articulação entre hipóteses e experimentações. O investigador admite alguns fatores e condições que são susceptíveis a influenciarem o fenômeno em estudo e os faz variar. Assim, se ele *“supõe, para alguns parâmetros, uma importância particular, é porque possui uma hipótese articulada com o fenômeno em estudo”* (Praia, Cachapuz & Gil Perez, 2002, p. 256). Isto, no entanto, é apenas admitido à luz de uma concepção de ciência contemporânea. Bacon, de fato, parece ter ignorado o papel das hipóteses⁸.

EXPERIMENTAÇÕES EXPLORATÓRIAS: NOVAS PERSPECTIVAS NA FILOSOFIA EXPERIMENTAL

Os filósofos da ciência contemporâneos, de uma maneira geral, consideram as teses empírico-indutivistas ultrapassadas. A visão de um método rígido que orienta a construção do conhecimento parece realmente insustentável, sobretudo com a análise histórica da ciência. A concepção de que há observações neutras, que independem de pressupostos teóricos, é contra argumentada já há bastante tempo. Hanson (1979), por exemplo, salienta que observação e interpretação são indissociáveis. A ideia de que a experimentação, por si, via caminhos indutivos, gera conhecimento não pode ser sustentada. Afinal, ela é dependente de pressupostos teóricos, circunstanciais, sociais, culturais, retóricos e pode fazer parte de um pluralismo metodológico. *“A experiência científica é orientada e mesmo valorizada pelo enquadramento teórico do sujeito, que em diálogo com ela a questiona, a submete a um interrogatório, de respostas não definitivas. A experiência enquadra-se num método pouco estruturado, que comporta uma diversidade de caminhos, ajustando-se ao contexto e à própria situação investigativa”* (Praia, Cachapuz & Gil Pérez, 2002, p. 257).

Nesse sentido, no *Novum Organum*, pode-se dizer que Bacon deixou de considerar relevante (e até ignorar) muitos dos aspectos do que se pode classificar (em uma nova concepção experimental) de “experimento exploratório”, amplamente presente na pesquisa científica, como mostra a história da ciência (Raicik & Peduzzi, 2015a; Steinle, 1997, 2002, 2006). Todavia, há muitas sobreposições entre essa classe de experimentos e a *experientia literata*. Jalobeanu (2013)⁹, ao analisar as obras de Bacon, salienta que esta relação é evidente. Neste artigo, busca-se exemplificar essa justaposição com a análise concisa de episódios históricos. Cabe ressaltar que se reconhece, nas ponderações seguintes, que as posturas filosóficas da conceitualização apresentada por Steinle e aquela que norteou a concepção baconiana de ciência são, essencialmente, antagônicas.

De acordo com a conceitualização de Steinle¹⁰, os “experimentos exploratórios” representam uma categoria de experimentos que, normalmente, aparecem na ciência em momentos em que não há bem estabelecido um quadro teórico de conhecimento. Conceitos ainda estão sendo elaborados, fenômenos melhor investigados, classificações sendo iniciadas. As experiências são conduzidas, sobretudo, pelo desejo de obter regularidades empíricas e “descobrir” conceitos apropriados por meio dos quais essas regularidades podem ser formuladas. Não servem, simplesmente, para corroborar ou refutar teorias. É nesse sentido que Hacking (2012) argumenta que o experimento pode ter vida própria. Apesar da sua autonomia quanto à teoria,

⁸ Jalobeanu (2013) ressalta que recentemente alguns autores têm apresentado uma nova ‘releitura’ baconiana em que o papel das hipóteses em sua filosofia é revisto.

⁹ Jalobeanu (2013) busca mostrar que, em muitos casos, Bacon concebeu experimentos em uma série ordenada, através de um processo muito semelhante ao conceito de experimentação exploratória. Isto é, através de uma variação ordenada de parâmetros experimentais.

¹⁰ Cabe ressaltar que a conceitualização de Steinle (1997) é bem específica. O autor reconhece que o termo “experimento exploratório” é amplamente utilizado na literatura, contudo com significados distintos dos que ele atribuiu. Neste artigo, segue-se o delineamento dado por Steinle à essa classificação de experimentos.

o experimento pode ser, e muitas vezes é, sistemático e dirigido, inclusive por objetivos epistêmicos; entender, compreender, “descobrir”.

Algumas características comuns das experiências exploratórias podem ser identificadas quando elas são minuciosamente analisadas. Normalmente, vê-se a busca por uma regularidade empírica, a variação de um grande número de parâmetros experimentais (o tipo de material, as condições sob as quais se encontram, entre outros), a análise de quais parâmetros afetam o efeito/fenômeno em questão e quais são essencialmente necessários, e a possível formação de novos conceitos. A princípio, e aparentemente, esses aspectos podem assemelhar-se a algumas considerações baconianas, como aquelas relativas a *experientia literata*: variação, produção, translação, inversão, compulsão, aplicação, conjunção, acaso, de experimentos. Não obstante, a “experimentação exploratória” não perpassa por um processo específico e bem definido, isto é, não segue regras ou métodos prescritivos, tampouco exclusivamente o método experimental delineado por Bacon no *Novum Organum*. Mas inclui todo um conjunto de diferentes abordagens experimentais e uma profícua dinâmica entre hipótese e experimentação.

Possíveis sobreposições entre os conceitos de “experimentação exploratória” e *experientia literata* podem ser encontradas na história da ciência. Alguns estudos desenvolvidos no campo da eletricidade são exemplos disso. Stephen Gray elaborou inúmeros experimentos exploratórios, simples e qualitativos, que oportunizaram “descobrir” a condução elétrica e, por meio de sistematizações, enunciar a conceitualização dos corpos que conduzem e dos que não conduzem a virtude elétrica (Raicik & Peduzzi, 2016b). Sempre instigado a encontrar novas descobertas, no desenrolar de seus estudos, ele se deparou com algo inesperado quando, com o propósito de manter um tubo de vidro oco limpo e sem o incômodo da poeira, fechou as laterais do mesmo com rolhas. Ao eletrizar o tubo fechado, ele observou que uma das rolhas, que não havia sido eletrizada, atraiu para si uma pena. Ele não poderia supor que a rolha iria atrair alguma coisa, dado que na época se sabia que apenas corpos eletrizados possuíam essa capacidade. Essa observação aconteceu inesperadamente; como ele mesmo afirmou: “*eu estava muito surpreso*” (Gray, 1731-2, p. 20).

Embora umas das técnicas da *experientia literata* seja referente ao acaso, Bacon salientou que ela é “tola” e “irracional”, pois como sobredito este tipo de experiência acontece simplesmente porque nunca foi desenvolvida anteriormente. No *Novum Organum*, Bacon ressaltou que experimentos sem um procedimento rigoroso eram impróprios e inadequados, pois levavam “*os homens a vagar sem rumo fixo, deixando-se guiar pelas circunstâncias; vêm-se rodeados de uma multidão de fatos, sem qualquer proveito; ora se entusiasman, ora se distraem; presumem sempre haver algo a mais a ser descoberto*” (Bacon, 1979, I, LXX, p. 39). Não obstante, pode-se argumentar que o “acaso” de Bacon só pode acontecer se o estudioso estiver imerso em um processo investigativo ordenado. Ou seja, este acaso só favorece uma mente preparada.

O encontro de Gray com o acaso mostrou-se bastante produtivo. Ele se entregou a uma busca incansável para compreender aquele novo fenômeno e analisar com quais materiais o mesmo efeito se repetiria. Realizou, assim, diferentes experimentos exploratórios, levantou novos questionamentos e chegou à descoberta da condução elétrica por contato. Nesse percurso ele perpassou pelas técnicas de variação na matéria (ao utilizar distintos materiais ao invés da rolha, como esferas de marfim, de metal, etc.), de produção em sua extensão (ao verificar se a atração se daria da mesma maneira modificando as dimensões dos materiais), de conjunção (ao utilizar junto com a rolha – ou as esferas – corpos acoplados, como barbantes e varas de madeira para verificar a eficiência da comunicação da virtude elétrica).

Da mesma forma, o processo de formação de conceitos e definições nos estudos de Charles Du Fay, com todas as suas revisões, erros, testes, dúvidas e períodos sucessivos de incompreensões perante o observável, está diretamente ligado a um intenso e contínuo trabalho experimental exploratório (Raicik & Peduzzi, 2015b). Neste caso, o objetivo de Du Fay era “*o de formular epistemicamente regularidades e criar noções necessárias para expressá-las*” (Steinle, 2002, p. 412). Em uma de suas experiências, ele esfregou um tubo de vidro para torná-lo elétrico e, segurando-o horizontalmente, deixou cair sobre este um pedaço de folha de ouro. Constatou que tão logo a folha de ouro tocava no tubo ela era repelida perpendicularmente a uma distância que variava de acordo com o seu “turbilhão”¹¹ elétrico. Assis (2011) menciona que o comportamento regular de atração-contato-repulsão - que Heilbron (1979) denominou regularidade ACR – foi considerado por Du Fay uma grande descoberta “*e isto com razão, já que a partir deste princípio é possível compreender uma grande quantidade de fenômenos elétricos*” (Assis, 2011, p. 75).

Com o intuito de analisar, sistematizar e encontrar um mecanismo simples que descrevesse o afastamento entre os corpos depois de ter havido atração, Du Fay refez algumas experiências já

¹¹ Turbilhão elétrico: equivalente à virtude elétrica; qualidade elétrica

desenvolvidas por outros estudiosos. Nesse percurso, realizou procedimentos que poderiam ser compreendidos como pertencentes a *experientia literata*. Ele fez diversas variações experimentais – no que se refere a matéria, a eficiência e a qualidade – modificando as distâncias, os tipos de materiais, a extensão dos corpos etc. Além disso, um dos objetivos da experiência instruída é a geração dos experimentos lucíferos, necessários para a descoberta das causas e de princípios. Com sua investigação e, conseqüentemente, seus resultados, Du Fay elaborou experimentos desse tipo, ainda que ele não tenha seguido “regras” ou etapas pré-estabelecidas. Nesse sentido, pode-se supor, mais uma vez, que há aproximações entre a concepção de Steinle e aquela definida por Bacon. A experimentação exploratória não representa um jogo “sem sentido”, mas caracteriza-se por definidas diretrizes e metas experimentais (Steinle, 2002). Um de seus propósitos, assim como o da *experientia literata*, envolve a identificação de quais parâmetros afetam os fenômenos em questão e se eles são essenciais.

Naturalmente, os experimentos exploratórios não se limitam ao campo da eletricidade; eles não apenas estão presentes como são usuais na história da ciência. Robert Brown (Brown, 1828) fez um amplo uso dos mesmos em seus estudos sobre o que viria ser conhecido como o movimento browniano.

Por meio do microscópio, Brown desenvolve “experimentos exploratórios”. Ele constata que os grãos de pólen, quando colocados na água, rompiam-se e que as partículas liberadas de seu interior apresentavam movimentos desordenados e incessantes. A fim de compreender esse desconcertante fenômeno, ele elabora diferentes hipóteses que, dialogadas com as experimentações que realiza, são confrontadas, orientam sua pesquisa e evidenciam que esse movimento demandava uma explicação física e não biológica, como inicialmente ele havia conjecturado. Assim, produzindo inúmeros experimentos, utilizando partículas de pólen seco, poeira, fuligem e minérios de vários elementos, sólidos de qualquer natureza, rejeita a hipótese do movimento ser causado por constituintes vivos da matéria, uma vez que substâncias inorgânicas apresentavam o mesmo comportamento que os componentes dos grãos de pólen. A experimentação nesse momento estava, sobretudo, propiciando a avaliação de caminhos para a explicação de um fenômeno novo, intrigante e ainda não compreendido, em semelhança a *experientia literata* que serviria como um guia a observações da natureza. A relação entre as hipóteses realizadas por Brown e suas experimentações, embora não contemplem as oito etapas de Bacon, evidenciam sobreposições no que se refere a variação, produção e conjunção de experimentos.

Mesmo à luz de considerações bastante gerais, é possível perceber, nos exemplos mencionados, que uma das principais características da “experimentação exploratória” é a dinâmica entre hipóteses e experimentações. Além disso, essa classe de experimentação, com frequência resulta no estabelecimento de uma hierarquia dentro do reino dos fenômenos. No topo estão aqueles fenômenos que envolvem condições essenciais e que, por isso, recebem um estatuto especial. Os outros efeitos podem ser explicados a partir desses fenômenos “elementares”; o arranjo experimental passa a ser progressivamente mais complexo, adicionado à novas condições (Ribe & Steinle, 2002). Esta característica do processo experimental exploratório remete, claro que limitadamente, às ideias baconianas; ainda que elas permitam uma pluralidade metodológica não reconhecida por ele.

Bacon aproximou-se, em termos, da ideia de experimentação exploratória quando primou por uma regularidade empírica, frisou a variação experimental – bem como as demais etapas da experiência instruída –, e afirmou, no *Novum Organum*, que se deve buscar não apenas uma quantidade muito maior de experimentos, como também de gênero diferentes. Ainda, quando acentuou que os experimentos não deveriam se limitar apenas a corroborar o que já se sabe de antemão. Robert Boyle, um de seus maiores admiradores e seguidores, quando desenvolvia experimentos, raramente *queria “demonstrar o que já era conhecido (...), desejava era ver como a natureza se comportava em circunstâncias que nunca [ou raramente] haviam sido observadas antes, ou às vezes nunca havia ocorrido”* (Kuhn, 2011, p. 67).

A concepção baconiana, sobretudo a presente no *Novum Organum*, apesar de muito limitada e deficiente diante de novas posturas filosóficas, pode indicar algumas funções epistêmicas da experiência, como a classificação de fenômenos, diferentes atividades na produção de novos fenômenos, os experimentos ditos “cruciais”, refutações de concepções filosóficas (Georgescu & Giurgea, 2012; Jalobeanu, 2016; Steinle, 2002).

“Além disso, as seguintes funções epistêmicas têm sido associadas com o procedimento de Experientia Literata (...): a delimitação dos fatores essenciais para a ocorrência de um fenômeno e, portanto, a identificação das relações de dependência; a geração de efeitos previamente desconhecidos que resultam em inovações conceituais que podem, às vezes, contribuir para explicações locais de algumas propriedades ou para o comportamento do processo investigado; e a

extensão do domínio da investigação através da inclusão de fenômenos desconectados de outro modo e o estabelecimento de regularidades empíricas” (Georgescu, 2011, p. 117).

A fim de entenderem em que sentido a *experientia literata* pode iluminar possíveis causas das coisas físicas, Georgescu e Giurgea (2012) discorrem sobre um experimento lucífero, apresentado por Bacon. O experimento envolve a análise de certas substâncias, depois de serem trabalhadas para se ajustar a um cubo de prata, em comparação a uma medida padrão de um cubo de ouro. O seu principal resultado é uma tabela de densidades relativas que contém uma série de instâncias feitas a partir de um ajuste experimental de proporções entre uma variável constante, o ouro, e outras substâncias. Segundo as autoras, a experiência não foi construída como um teste para uma teoria, mas como um mecanismo para fornecer importantes *insights* sobre a distribuição da matéria. O experimento envolve a extração de informações que aumenta o nível de inteligibilidade da questão, mas não necessariamente resolve totalmente a questão; uma vez que existem uma infinidade de substâncias, o experimento se mantém sempre apto a gerar novos resultados pela variação da matéria. Utilizando também outra técnica da experiência instruída, a produção, o experimento pode ser empregado para estabelecer as quantidades de substâncias presentes na mistura; e como há um infinidade de substâncias que podem ser utilizadas, o experimento permite envolver ainda a técnica de variação da quantidade.

Esse exemplo contém muitos aspectos da experimentação exploratória. Ribe e Steinle (2002) salientam que esta classe de experimentos visa a variedade e a iniciação complexa de um determinado campo do conhecimento e, simultaneamente, o desenvolvimento de novas categorias que permitam estabelecer uma ordem básica dos experimentos, mais do que a sua multiplicidade. Isso nada mais parece ser que as técnicas anteriormente mencionadas, produção e variação. Tanto a experiência *literata* quanto a “exploratória” são, em partes, dirigidas por preocupações epistêmicas. No exemplo acima pode-se citar, entre outros, o estabelecimento de conclusões provisórias sobre as densidades dos corpos e a refutação de doutrinas filosóficas (como a teoria aristotélica dos elementos) ou aquelas do senso comum (de que corpos pesados são mais densos do que corpos leves) (Georgescu & Giurgea, 2012).

Na *experientia literata* os resultados não são conhecidos de antemão, mas como o experimento prossegue através de técnicas específicas, eles são considerados relevantes. A novidade dos resultados é parte do que explica o papel produtivo da experiência instruída. Esta é, de acordo com Georgescu (2011), uma de suas funções mais valiosas. Ambos os tipos de experimentação, *literata* e exploratória, não são projetadas para testar/corroborar uma teoria, mas para explorar um problema, investigar e compreender a natureza. Conseqüentemente, a variação e a diversificação experimental ajudam “a mapear e dissecar a coisa investigada e avançar no conhecimento através do estabelecimento de regularidades empíricas (...) e gerar continuamente novos problemas relevantes” (Georgescu, 2011, p. 110).

Em suma, Bacon influenciou as novas condutas experimentais em seu século. As concepções que apresenta no *Novum Organum* foram retomadas e modificadas no âmbito filosófico com as teses positivistas, como já foi mencionado, e estas enfraqueceram as funções epistêmicas da experimentação. Hacking (2012) visou valorizar a ciência experimental que, no campo da filosofia até as primeiras décadas do século XX, havia sido limitada à servir a teoria. Como aponta Steinle (2002), a distinção entre os contextos da descoberta e da justificativa explicitada por Reichenbach, líder do Círculo de Berlim e pertencente ao Círculo de Viena, e que reuniu muitos adeptos, Popper entre eles, contribuiu consideravelmente para isso. A filosofia reichenbachiana estava imersa no empirismo lógico que não objetivava analisar os processos da pesquisa científica, mas tão somente os seus resultados. Isto é, as “descobertas” (como produto) realizadas, as teorias elaboradas, os métodos (lógicos) utilizados e a justificação empírica que derivam da teoria (Raicik & Peduzzi, 2015a). Como destaca Echeverria (1998), nesse sentido, “o contexto da descoberta não era objeto da epistemologia ou da filosofia da ciência, mas da psicologia, da história e da sociologia. A gênese das teorias não teria interesse algum para os defensores da epistemologia científica na década de 30” (p. 53).

As correntes de pensamento em meados do século XX ampliaram a noção que se tinha de ciência, sobretudo com reações a dicotomia entre os contextos da descoberta e da justificativa. Isso implicou em admitir que diferentes elementos fazem parte da atividade científica; os erros, a casualidade, a interação humana, as ideias, as hipóteses. Um dos enfoques desta nova perspectiva defende a importância de reconhecer o papel construtivo da experimentação na construção do conhecimento (Hacking, 2012).

Ao resgatar alguns tópicos baconianos, por exemplo, Hacking não visou instituir e validar uma concepção empírico-indutivista e ateuca da ciência. Afinal, desde as novas discussões acerca da ciência, que surgiram a partir da década de 1950, aproximadamente, essa compreensão já era contestada por filósofos e historiadores, tendo como crítica central a inseparabilidade entre pressupostos teóricos e

observacionais (Silveira & Ostermann, 2002). De fato, Bacon acentua que a mente tem de estar purificada, livre dos ídolos que deturpam a investigação que leva ao conhecimento. Hacking, no entanto, lembra também que “*a ciência, conforme nos escreveu Bacon, precisa ser como a abelha, que, possuidora dos talentos tanto da formiga quanto da aranha, é capaz de fazer mais do que elas separadamente, pois digere e interpreta tanto os experimentos quanto a especulação*” (Hacking, 2012, p. 367).

Assim, ao analisar o método indutivo de Bacon três séculos depois, Hacking buscou mostrar que não se pode menosprezar a experimentação limitando a sua função na ciência. A história revela que ela está presente em distintas etapas da pesquisa científica, que dialoga constante e proficuamente com a teoria e que é dependente das circunstâncias contextuais de cada época e situação.

Não obstante, Bacon parece ter sido esquecido quanto as suas demais contribuições filosóficas sobre a experimentação. A *experientia literata* e sua pouca atenção na literatura atesta isso. As aproximações entre ela e a experimentação exploratória nada mais evidenciam que é possível, se não desejável, um resgate baconiano. Com ele, novos horizontes podem ser aprofundados e debatidos tanto na esfera filosófica quanto no ensino de ciências.

IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS: UM NOVO OLHAR PARA A EXPERIMENTAÇÃO

Nas últimas décadas, como já foi destacado, houve uma crescente atenção à concepção epistêmica da experimentação no desenvolvimento científico. Uma nova geração de historiadores e filósofos iniciou discussões relevantes acerca dos papéis que o experimento possui na ciência. Neste contexto, argumentou-se que a experimentação não serve apenas para corroborar, ou falsear, uma teoria, mas que possui um papel independente dela ou, ainda, uma função de mesma magnitude (Garcia & Estany, 2010). Reconheceu-se que a relação entre experimento e teoria é mais profunda e passível de uma enorme riqueza conceitual e filosófica. Para além dos aspectos estritamente teóricos do processo científico, eles buscaram evidenciar que “*a ciência não apenas pensa sobre o mundo - ela constrói e reconstrói o mundo. A ciência para eles faz jus à denominação inicialmente dada pelos pensadores do século XVII: é [sic] uma filosofia experimental*” (Caliman & Almeida, 2009, p. 466).

A conceitualização e a análise dos “experimentos exploratórios” exemplifica muitas noções dessa nova vertente filosófica. O experimento pode possuir uma vida própria; ele não é, pura e simplesmente, condicionado a servir a um corpo teórico de conhecimento. Esse enfoque rompe com a tradição positivista, segundo a qual a relevância da experimentação estaria condicionada, sempre, às teorias.

Steinle (1997) argumenta que uma compreensão mais completa da experimentação só pode ser plenamente alcançada mediante uma associação entre a história e a filosofia da ciência. Nesse sentido, pode-se ver a sua pluralidade metodológica, as suas distintas funções, e a sua relação com o corpo teórico de conhecimento. Nos últimos anos, tem havido alguns grupos de pesquisa que envolvem a experimentação com essa dimensão no ensino de ciências, por meio da reprodução e discussão de “experimentos históricos” (Assis, 2011; Kipnis, 2001; 2005; Medeiros & Monteiro, 2001).

Entretanto, como aponta Matthews (1995), a aproximação entre história e filosofia no ensino surge, efetivamente, apenas no final do século XX. Assim, o ensino de ciências ainda carrega ideias de tradições superadas. No começo da década de setenta dominava a perspectiva dos projetos, como o PSSC, o BSSC, o Nuffield, entre outros. Esses projetos estavam fortemente ligados a posições empiristas da ciência, nas quais não se refletia – embora houvesse, claramente, uma função epistêmica atribuída ao experimento – o contexto histórico, cultural, social e epistemológico da experimentação (Villani, 2001). Em termos gerais, as tentativas de renovação do ensino, como a referente à “aprendizagem por descoberta”, incorriam em uma visão ateórica, centrada em um suposto método; não havia preocupação de se discutir aspectos *sobre* a ciência.

Apesar de a visão empírico-indutivista estar ultrapassada entre os filósofos e os historiadores, ela continua fortemente presente no ensino (El-Hani, 2006; Fernández *et al.*, 2002; Forato, Pietrocola & Martins, 2011; García-Carmona, Vázquez & Manassero, 2012; Gil Pérez *et al.*, 2001; Neto & Silva, 2012; Silveira & Ostermann, 2002;). A concepção de professores, de estudantes e, até mesmo, a que ainda está presente em materiais didáticos, de modo geral, “*destaca o papel ‘neutro’ da observação e da experimentação (não influenciadas por idéias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo*” (Gil Pérez *et al.*, 2001, p. 129).

Muitas vezes, nessa perspectiva, a essência da ciência limita-se à experimentação: não refletida, idealizada, que tem por função gerar conhecimento de forma neutra e validá-lo. Isso é semelhante ao que Bacon afirmava no *Novum Organum*: o ponto de partida da ciência é constituído por “*instâncias e experimentos oportunos e adequados, onde os sentidos julgam somente o experimento e o experimento julga a natureza e a própria coisa*” (Bacon, 1979, I, L, p. 26).

“A objetividade da ciência indutivista deriva do fato de que tanto a observação como o raciocínio indutivo são eles mesmos objetivos. Proposições de observação podem ser averiguadas por qualquer observador pelo uso normal dos sentidos. Não é permitida a intrusão de nenhum elemento pessoal, subjetivo. A validade das proposições de observação, quando corretamente alcançada, não vai depender do gosto, da opinião, das esperanças ou expectativas do observador” (Chalmers, 1993, p. 34).

No ensino de ciências, essas concepções são prejudiciais à compreensão da ciência pautada em uma filosofia mais moderna. Este tipo de interpretação limitada acerca da construção do conhecimento traz consigo a presunção de que evidências independentes de pressupostos teóricos estão disponíveis, e que testes não ambíguos são possíveis; o que a história da ciência mostra não ser a realidade. Não há observações neutras. O próprio Bacon admite que um experimento não precisa dar fim à tarefa de interpretação, pois ele pode retrair seus passos (Hacking, 2012).

Torna-se imprescindível, e um “*requisito inquestionável, modificar a imagem da Natureza da Ciência que os professores têm e transmitem*” (Praia, Gil Pérez & Vilches, 2007, p. 147), quando se preza por um ensino que visa compreender o funcionamento da ciência, e não apenas os seus conteúdos admitidos como produtos. A história e a filosofia da ciência podem auxiliar nesse sentido, evidenciando as sutilezas da experimentação, a subjetividade que permeia qualquer pesquisa, a dinâmica entre hipóteses e experimentos, a riqueza científica. Como explicitam Clough e Olson (2008), os exemplos históricos, em qualquer nível, são úteis para gerar discussões sobre ciência e para permitir compreender a sua natureza contextual.

A análise epistemológica da experimentação, à luz da nova filosofia da ciência, possibilita romper com a visão limitada e ultrapassada da ciência engessada em um empirismo distorcido. A contextualização dos “*experimentos exploratórios*” permite contra exemplificar a visão de que a ciência é alheia a aspectos subjetivos, segue rigorosamente *um* método, utiliza-se da experimentação apenas como fonte e validação de conhecimentos, é neutra. Atividades experimentais envolvendo a reflexão do conceito de experimentação exploratória também podem se mostrar frutíferas no ensino (Raicik & Peduzzi, 2015c). Além de contribuir para um aprendizado mais significativo de conceitos científicos, ensejam que os alunos reflitam, por exemplo, acerca da dinâmica entre hipóteses e experimentos na ciência. Ou seja, sobretudo, possibilitam evidenciar a não neutralidade que permeia qualquer atividade. Com a história da ciência, pode-se ver que Brown, Du Fay, Gray e tantos outros estudiosos “*não eram um monte de empiristas irracionais sem nenhuma ‘ideia’ em suas cabeças. Eles viram o que viram por serem pessoas curiosas, inquisitivas, reflexivas*” (Hacking, 2012, p. 244). As próprias concepções baconianas podem ser melhores revistas e, devidamente ponderadas e atreladas à episódios históricos, propiciarem uma melhor compreensão desses aspectos.

A *experientia literata*, ignorada no ensino, e pouco discutida na literatura, pode, juntamente com o conceito de experimentação exploratória, resgatar muitas concepções epistêmicas do experimento no desenvolvimento científico. As técnicas apresentadas por Bacon, embora para ele sejam regras que delimitam o trabalho do experimentador, podem ser vistas, à luz da “*experimentação exploratória*”, como distintos procedimentos experimentais que nada mais fazem do que evidenciar a pluralidade científica. Nesse sentido, embora façam parte de posturas filosóficas distintas, os processos sugeridos à experiência instruída apresentam sobreposições com algumas características da experimentação exploratória, como a melhor investigação dos fenômenos (variando as suas condições), a classificação dos fenômenos, a busca por uma regularidade empírica. Isso pode gerar discussões, no ensino, da já existente ideia, no início da era moderna experimental, de que os experimentos poderiam e deveriam passar por reexames. Para além de uma mera repetição, haveria um aprofundamento experimental nesse processo, guiando à novas observações, pois, como Bacon já apontava, a indução por enumeração “*é completamente corrompida e incompetente*” (Bacon, 2006, p. 147).

À guisa de conclusão, buscou-se evidenciar neste artigo, sucintamente, que à imagem de Bacon não se pode apenas associar uma ciência puramente enquadrada no empirismo-indutivista. Para além dessa consideração, ele ressaltou a importância do questionamento, da reflexão na pesquisa, da existência do erro, principalmente com a *experientia literata*. No ensino, esses aspectos podem ser instigados pelo professor, a fim gerar discussões sobre o contexto de desenvolvimento da ciência em sala de aula e, conseqüentemente,

analisar a relevância e o papel da experimentação em uma dimensão mais favorável e não restringida. Todavia, é essencial que a filosofia de Bacon seja contextualizada, uma vez que uma nova visão baconiana é pouco conhecida. A carências de referências nacionais resgatando o conceito de *experientia literata* é uma clara evidência disso que, inevitavelmente, acaba transmitindo uma visão bastante limitada de Bacon. A sua filosofia experimental é o que o conduz à determinadas interpretações da natureza; e ela, por si – quando não refletida e não ponderada com as novas considerações experimentais –, é mais danosa do que instrutiva, em termos atuais. Além disso, a filosofia baconiana, com exceção das críticas depreciativas à parte de seu método experimental, é desconhecida no ensino de ciências.

Uma outra possibilidade de reflexão epistemológica da experimentação, via noções baconianas, não discutida neste artigo, é através de um resgate à ideia de experimentos cruciais. No ensino de ciências, a visão comum que se tem é que eles existem e permitem decidir entre teorias rivais (Hodson, 1988). Assim, uma controvérsia científica, por exemplo, poderia ser resolvida por meio de *um* experimento. Uma análise histórica-filosófica de “experimentos exploratórios” com as colocações acerca da *instância crucis* pode evidenciar que essa concepção presente em sala de aula é falha. O significado de experimento crucial está longe de se mostrar inequívoco para filósofos e cientistas, mostrando a sua complexidade. Alguns episódios históricos evidenciam que a ideia de um experimento definidor e incontestável para a aceitação de uma teoria é uma ilusão, como ocorreu inúmeras vezes no embate entre Galvani e Volta (Pera, 1992; Piccolino & Bresadola, 2013), ou ainda com o famoso *experimentum crucis* de Newton (Granés, 2001; Lohne, 1968).

Resgatar a experimentação à luz de conceitos filosóficos mais atuais pode permitir, enfim, “reconhecer a importância e a validade das práticas experimentais na constituição da ciência, sua função independente da teoria ou em equilíbrio com ela” (Garcia & Estany, 2010, p. 11); esclarecer que ela pode possuir distintos papéis na construção do conhecimento, no entendimento da natureza; salientar que ela não necessita de “um” método e funções pré-estabelecidas. Em síntese, pode propiciar também um ensino *sobre* a ciência, além de *em* e *pela* ciência (Forato, Pietrocola & Martins, 2011). Cabe ressaltar que Bacon, apesar de instituir uma concepção no *Novum Organum* que, aliada às teses positivistas, é duramente empírico-indutivista, permitiu que a experimentação tivesse o seu lugar na ciência. A sua ideia de *experientia literata* atesta isso. No final do século passado, o que muitos filósofos e historiadores buscaram fazer foi examinar esse lugar e, diferentemente de Bacon, considerar a experimentação em toda a sua pluralidade. Cabe ao ensino de ciências levar essas considerações para a sala de aula.

REFERÊNCIAS

- Assis, A. K. T. (2011). *Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Bacon, F. (1882). Of the dignity and advancement of learning, books IV-IX. In Spedding, J. Ellis, R. L. & Heath, D. D. (Ed.). *The Works of Francis Bacon* (pp.13-345). Boston: Houghton, Mifflin and Company.
- Bacon, F. (1979). *Novum Organum ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza; Nova Atlântica*. São Paulo: Abril Cultural.
- Bacon, F. (2006). *Da proficiência e o avanço do conhecimento divino e humano*. São Paulo: Madras Editora.
- Blaga, L. (2014). *O experimento e o espírito matemático*. São Paulo: É realizações Editora.
- Borges, R. M. R. (1996). *Em debate: cientificidade e educação em ciências*. Porto Alegre: SE/CECIRS.
- Brasil (2014). *Guia de livros didáticos: PNLD 2015; física: ensino médio*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica.
- Brown, R. (1828). A brief account of microscopical observations made in the months of June, July and August, 1827, on the particles contained in the pollen of plants and on the general existence of active molecules in organic and inorganic bodies. *Edinburgh New Philosophical Journal*, 5, 358-371.
[DOI:10.1080/14786442808674769](https://doi.org/10.1080/14786442808674769)
- Butterfield, H. (1949). *As origens da ciência moderna*. Portugal: Edições 70.

- Caliman, L. V., & Almeida, R. G. (2009). Entrevista com Ian Hacking (por Paul Kennedy e David Cayley). *Psicologia & Sociedade*, 21(3), 465-470. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/psoc/v21n3/a21v21n3.pdf>
- Carrilho, M. M. (1994). *A filosofia das ciências de Bacon a Feyerabend*. Lisboa: Editorial Presença.
- Chalmers, A. F. (1993). *O que é ciência afinal?* São Paulo: Editora Brasiliense.
- Clough, M. O., & Oslon, J. K. (2008). Teaching and assessing the nature of science: An Introduction. *Science & Education*, 17(2-3), 143–145. DOI:10.1007/s11191-007-9083-9
- Cupani, A. (1985). *A crítica do positivismo e o futuro da filosofia*. Florianópolis: Editora da UFSC.
- Echevarría, J. (1998). *Filosofía de la ciencia*. Ediciones Akal.
- El-Hani, C. N. (2006). Notas sobre o ensino de História e Filosofia das Ciências na educação científica de nível superior. In C. C. (Org.). *História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências: Da Teoria à Sala de Aula* (pp. 3-22). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Fernández, I., Gil Pérez, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). Visiones Deformadas de La Ciencia Transmitidas por la Enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3), 477-488. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21841/21675&prev=search>
- Forato, T. C. M., Pietrocola, M., & Martins, R. A. (2011). Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 27-59. DOI:10.5007/2175-7941.2011v28n1p27
- Franklin, A. (1986). *The neglect of experiment*. New York: Cambridge University Press.
- Franklin, A. (2002). Física y Experimentacion. *Theoria*, 17(2), 221-242. Recuperado de https://www.pdcnet.org/pdc/bvdb.nsf/purchase?openform&fp=theoria&id=theoria_2002_0017_0002_0221_0242
- García-Carmona, A., Vázquez, Á. A., & Manassero, M. A. M. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre Naturaleza de la Ciencia: análisis del estado atual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las ciencias*, 30(1), 23-34. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/252558>
- Garcia, E. G. A., & Estany, A. (2010). Filosofia de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis Filosófica*, 31, 7-24. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2090/209020106001.pdf>
- Georgescu, L. & Giurgea, M. (2012). Redefining the Role of Experiment in Bacon's Natural History: How Baconian was Descartes before Emerging from His Cocoon? *Early Science and Medicine*, 17(1-2), 158-180. DOI:10.1163/157338212X631828
- Georgescu, L. (2011). A new form of knowledge: Experientia Literata. *Society and Politic*, 5(2), 104-120. Recuperado de http://socpol.uvvg.ro/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=95
- Gigliani, G. (2013). Learning to Read Nature: Francis Bacon's Notion of Experiential Literacy {Experientia Literata} *Early Science and Medicine*, 18(4-5), 405-434. DOI:10.1163/15733823-1845P0005
- Gil Pérez, D., Montoro, I. F., Alis, J. C., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-153. DOI:10.1590/S1516-73132001000200001
- Gooding, D. C. (2000). Experiment. In W. H. Newton-Smith, W.H. (Ed.). *A companion to the philosophy of science* (pp. 117-126). USA: Blackwell Companions to Philosophy.
- Granés, J. S. (2001). *La gramática de una controversia científica: El debate alrededor de la teoría de Newton sobre los colores de la luz*. Colombia: Editorial Unibiblos.
- Gray, S. (1731-2). A letter to Cromwell Mortiner, M. D. Secr. R. S. Containing Several Experiments concerning Electricity. *Philosophical Transactions*, 37, 18-44. Recuperado de https://www.istor.org/stable/104056?seq=1#page_scan_tab_contents
- Hacking, I. (2009). Entrevista com Ian Hacking (por Paul Kennedy e David Cayley). *Psicologia & Sociedade*, 21(3), 465-470. DOI:10.1590/S0102-71822009000300021

- Hacking, I. (2012). *Representar e Intervir*. tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural. Rio de Janeiro: EdUERJ.
- Hanson, N. R. (1979). Observação e interpretação. In S. Morgenbesser (Ed.). *Filosofia da ciência* (pp.127-138). São Paulo: Cultrix.
- Heilbron, J. L. (1979). *Electricity in the 17th & 18th Centuries*. Berkeley: University of California Press.
- Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 53-66. [DOI:10.1111/j.1469-5812.1988.tb00144.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.1988.tb00144.x)
- Jalobeanu, D. (2011). Core experiments, natural histories and the art of experientia literata: the meaning of baconian experimentation. *Society and Politics*, 5(2), 88-103. Recuperado de http://socpol.uvvg.ro/index.php?option=com_content&view=article&id=82&Itemid=94
- Jalobeanu, D. (2013). Learning from experiment: classification, Concept formation and modeling in Francis Bacon's experimental philosophy. *Rev. Roum. Philosophie*, 57(2), 75–93. Recuperado de <https://philarchive.org/archive/JALLFEv1>
- Jalobeanu, D. (2016). Dicipining Experience: Francis Bacon's experimental series and the art of experimenting. *Perspectives on Science*, 24(3), 324-342. [DOI:10.1162/POSC_a_00209](https://doi.org/10.1162/POSC_a_00209)
- Japiassu, H. (2013). *A face oculta da ciência moderna*. Rio de Janeiro: Imago Editora.
- Kipnis, N. (2001). Scientific controversies in teaching science: the case of Volta. *Science & Education*, 10(1-2), 33-49, 2001. [DOI:10.1023/A:1008760521211](https://doi.org/10.1023/A:1008760521211)
- Kipnis, N. (2005). Chance in Science: the discovery of Electromagnetism by H.C. Oersted. *Science & Education*, 14(1), 1-28. [DOI:10.1007/s11191-004-3286-0](https://doi.org/10.1007/s11191-004-3286-0)
- Kuhn, T. S. (2011). *A tensão essencial: estudos selecionados sobre tradição e mudança científica*. São Paulo: Unesp.
- Laudan, L. (2000). Teorias do método científico de Platão a Mach. *Cad. Hist. Fil. Ci.*, 10(2), 9-140. Recuperado de <https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/562/442>
- Lohne, J. A. (1968). Experimentum Crucis. *Notes & Records of The Royal Society*, 23(2), 169-199. Recuperado de <http://rsnr.royalsocietypublishing.org/content/23/2/169>
- Matthews, M. R. (1995). História, filosofia, e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(3), 164-214. [DOI:10.5007/%25x](https://doi.org/10.5007/%25x)
- Medeiros, A., & Monteiro Jr, F. N. (2001). *A reconstrução de experimentos históricos como uma ferramenta heurística no ensino da física*. Publicação interna. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/iiienpec/Atas%20em%20html/o12.htm>
- Moreira, A. M., & Ostermann, F. (1993). Sobre o ensino do método científico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 10(2), 108-117. Recuperado de <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/85011>
- Neto, J P. P., & Silva, S A. (2012). Análise da História e Filosofia da Ciência nas aulas de Química no ensino médio, em duas escolas públicas estaduais na cidade de Campina Grande – PB. In *XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI)*. Salvador, BA. Recuperado de <https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7556>
- Oliveira, B. J. (2010). *Francis Bacon e a fundamentação da ciência como tecnologia*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- Peduzzi, L. O. Q. (2015). *Força e movimento: de Thales a Galileu*. Florianópolis: publicação interna. Recuperado de http://docs.wixstatic.com/uqd/7d71af_b8d64ce76f164c869d5f7f633d0ac787.pdf
- Pera, M. (1992). *The Ambiguous Frog: the Galvani-Volta controversy on animal electricity*. New Jersey: Princeton University Press.
- Piccolino, M., & Bresadola, M. (2013). *Shocking Frogs*. New Your: Oxford Press.

- Popper, K. R. (1982). *Conjecturas e Refutações*. Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- Praia, J., Cachapuz, A., & Gil Pérez, D.(2002). A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, 8(2), 253-262. [DOI:10.1590/S1516-73132002000200009](https://doi.org/10.1590/S1516-73132002000200009)
- Praia, J., Gil Pérez, D., & Vilches, A. (2007). O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, 13(2), 141-156. [DOI:10.1590/S1516-73132007000200001](https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000200001)
- Raicik, A. C., & Peduzzi, L. O. Q. (2016a). A estrutura conceitual e epistemológica de uma descoberta científica: reflexões para o ensino de ciências. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 9(2), 149-176. [DOI:10.5007/1982-5153.2016v9n2p149](https://doi.org/10.5007/1982-5153.2016v9n2p149)
- Raicik, A. C., & Peduzzi, L. O. Q. (2016b). Um resgate histórico e filosófico dos estudos de Stephen Gray. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(1), 109-128. Recuperado de <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2543>
- Raicik, A. C., & Peduzzi, L. O. Q. (2015a). Uma discussão acerca dos contextos da descoberta e da justificativa: a dinâmica entre hipótese e experimentação na ciência. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 8(1), 132-146. Recuperado de www.sbh.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=1991
- Raicik, A. C., & Peduzzi, L. O. Q. (2015b). Um resgate Histórico e Filosófico dos estudos de Charles Du Fay. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(1), 105-125. Recuperado de www.scielo.br/pdf/epec/v17n1/1983-2117-epec-17-01-00105.pdf
- Raicik, A. C., & Peduzzi, L. O. Q. (2015c). Potencialidades e limitações de um módulo de ensino: uma discussão histórico-filosófica dos estudos de Gray e Du Fay. *Investigações em Ensino de Ciências*, 20(2), 138-160. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/47>
- Ribe, N., & Steinle, F. (2002). Exploratory experimentation: Goethe, land, and color theory. *Physics Today*, 55(7), 43-49. [DOI:10.1063/1.1506750](https://doi.org/10.1063/1.1506750)
- Rossi, P. (1992). *A ciência e a filosofia dos modernos: aspectos da Revolução Científica*. Tradução: Álvaro Lorencini. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista.
- Russel, B. (1969). *História da filosofia ocidental: livro terceiro*. São Paulo: Companhia Editora Nacional.
- Silveira, F. L. (1992). A Filosofia da Ciência e o Ensino de Ciências. *Em Aberto*, 11(55), 36-41. Recuperado de <https://www.rbep.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/download/1856/1827>
- Silveira, F. L., & Ostermann, F. (2002). A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(especial), 7-27. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10052>
- Steinle, F. (1997). Entering new fields: exploratory uses of experimentation. *Philosophy of Science*, 64, 65-74. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/188390>
- Steinle, F. (2002). Experiments in History and Philosophy of Science. *Perspectives on Science*, 10(4), 408-432. [DOI:10.1162/106361402322288048](https://doi.org/10.1162/106361402322288048)
- Steinle, F. (2006). Concept formation and the limits of justification: “Discovering” the two electricities. In Schickore, J. & Steinle, F. (Ed.). *Revisiting Discovery and Justification* (pp. 183-195). Netherlands: Springer.
- Vieira, A. A. P. (2006). Breves considerações sobre a natureza do método científico. In C.C. Silva (Ed.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências* (pp. 23-40) . São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Villani, A. (2001). Filosofia da Ciência e Ensino de Ciência: Uma Analogia. *Ciência & Educação*, 7(2), 169-181. [DOI:10.1590/S1516-73132001000200003](https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200003)
- Weeks, S. (2008). The role of mechanics in Francis Bacon’s great instauration. In Zittel, C. et al (Ed.). *Philosophies of technology: Francis Bacon and his contemporaries* (pp. 133-196). Leiden-Boston: Brill.

Zaterka, L. (2004). *A filosofia experimental na Inglaterra do século XVII: Francis Bacon e Robert Boyle*. São Paulo: Associação Editorial Humanitas: Fapesp.

Recebido em: 01.06.2017

Aceito em: 05.01.2018